



## Jagten på fremtidens planter - ændringer i klimaet udfordre produktivitet og kvalitet

**Bagger Jørgensen, Rikke; Mikkelsen, Teis Nørgaard; Egsgaard, Helge; Lyngkjær, Michael Foged; Ingvordsen, Cathrine Heinz**

*Published in:*  
Dansk Kemi

*Publication date:*  
2015

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Bagger Jørgensen, R., Mikkelsen, T. N., Egsgaard, H., Lyngkjær, M. F., & Ingvordsen, C. H. (2015). Jagten på fremtidens planter - ændringer i klimaet udfordre produktivitet og kvalitet. *Dansk Kemi*, 96(4), 12-15.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.





# Jagten på fremtidens planter

- ændringer i klimaet udfordrer produktivitet og kvalitet

Med avanceret teknologi, der efterligner fremtidens klima, undersøger forskere på DTU og KU, hvordan planter reagerer på cocktailen af forhøjet temperatur, CO<sub>2</sub>, ozon og ekstreme hedeølger.

Af Rikke Bagger Jørgensen<sup>a</sup>, Teis Nørgaard Mikkelsen<sup>a</sup>, Helge Egsgaard<sup>a</sup>, Michael Foged Lyngkjær<sup>b</sup> og Cathrine Heinz Ingvordsen<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> DTU, Institut for Kemiteknik

<sup>b</sup> KU, Science, PLEN

<sup>c</sup> CSIRO, Canberra, Australien

Vi har i øjeblikket kurs mod en global temperaturstigning på ca. 5°C, og det vil væsentligt forringe både omfang og kvalitet af vores planteproduktion, også selvom en forøget CO<sub>2</sub>-koncentration i atmosfæren kommer planterne til gode. En ekstra udfordring for planterne er de ekstreme klimahændelser, f.eks. hedeølger, som bliver mere almindelige i fremtiden. Resultaterne fra klimaforsøg bruges i forædling af nye klimatolerante sorter og til modellering af, hvordan fremtidens planteproduktion påvirkes.

## Udfordringer forude

I 2014 nåede CO<sub>2</sub>-koncentrationen i atmosfæren over 400 ppm tre måneder i træk; 2014 blev også det år, som globalt satte varmere rekord. Det er efterhånden svært at ignorere, at vores klima forandrer sig i et uhyggeligt hurtigt tempo. Som følge af de stigende niveauer af drivhusgasser og stigende temperaturer forventes ekstreme vejsituationer som kraftig regn og hedeølger at blive både hyppigere og mere intensive. I 2003 og 2006 oplevede Europa ekstreme hedeølger. I 2003 var temperaturerne i store dele af Europa på 20-30% over normalen, og temperaturer på 35-40°C blev målt i flere lande. Hedeølgen betød bl.a., at den franske hvedeproduktion faldt med 21%, da temperaturen var 6°C over normalen og nedbørsmængden ca. halveret i forhold til gennemsnittet. I 2010 var det Ruslands tur; her blev registreret de højeste gennemsnitstemperaturer i 140 år, og ca. 20% af kornmarkerne gav intet udbytte. Det ændrede



klima bliver en af de store udfordringer for fremtidens plan-  
teproduktion, og det truer den stabile forsyning af fødevarer,  
foder og vegetabiliske non-food produkter.

### Avancerede faciliteter til efterligning af fremtidens klima

På en mark uden for Roskilde står en række store ringe af  
stålrør med et net af slanger, der er forbundet til en kæmpe  
tank med CO<sub>2</sub>. Det er en såkaldt FACE-facilitet – en teknisk  
avanceret konstruktion til "Free Air Carbon Enrichment". Her



Dronefoto af DTUs "Free Air CO<sub>2</sub> Enrichment" (FACE) facilitet. Ring-  
ene (oktagonerne) har en diameter på 7 m, og ekstra CO<sub>2</sub> (550  
ppm) doseres til hver anden ring gennem rør forbundet til en 11  
tons CO<sub>2</sub>-tank. De øvrige ringe fungerer som kontroller med am-  
bient CO<sub>2</sub> (ca. 400 ppm). Dele af ringene kan overdækkes med  
særlige markiser, der inducerer tørke eller nat-opvarmning. Facili-  
teten kan flyttes, og f.eks. også placeres i et naturligt økosystem.

kan planter udsættes for fremtidens atmosfære. De gamle og  
nye bygsorter, der vokser inde i ringene, har 550 ppm CO<sub>2</sub> mod  
de ca. 400 ppm i resten af marken. De 550 ppm svarer til den  
CO<sub>2</sub>-koncentration, som vi når omkring år 2040-2050, hvis vi  
ikke reducerer vores udledninger af drivhusgas både hurtigt og  
kraftigt. Men den ekstra CO<sub>2</sub> alene er ikke noget problem for  
planterne; byggen vokser tydeligt kraftigere under forhøjet CO<sub>2</sub>  
end i kontrolringene med 400 ppm, fordi den ekstra CO<sub>2</sub> udnyt-  
tes i fotosyntesen og omsættes til mere plantebiomasse.

FACE-forsøgene viser, hvilke bygsorter, der er bedst til at ud-  
nytte den ekstra CO<sub>2</sub>, og de sorter kan anvendes som udgangs-  
punkt i forædling mod højere biomasse i det fremtidige klima.  
Resultaterne viser, at også nogle af de gamle og glemte sorter  
har evner til CO<sub>2</sub>-udnyttelse, der er værd at satse på.

### Fremtidens svampesygdomme

I FACE-faciliteten bliver byggens blade også nøje undersøgt.  
Der scores for forekomst af svampesygdomme under 550 ppm  
CO<sub>2</sub> og i kontroller ved de nuværende 400 ppm. Der er nemlig  
forskel på planternes modtagelighed overfor plantesygdomme  
under forhøjet og ambient CO<sub>2</sub>. F.eks. vil angreb af meldug-  
svampen reduceres, hvis kun CO<sub>2</sub>-koncentrationen stiger, mens  
melduginfektion bliver mere almindelig, hvis også temperatur  
og O<sub>3</sub>-koncentration samtidig øges. Med klimaforandringer  
kommer også helt nye sygdomme som f.eks. *Ramularia* til.  
Informationerne er vigtige, for når vi kender sygdomsmønstret  
hos afgrøder i et ændret klima, kan vi handle proaktivt i forhold  
til at iværksætte bekæmpelse; det kan være såvel kemisk som  
genetisk kontrol (nye resistensgener).

**Intelligent Chemistry**

**PSS Particle Size Systems**

Automated Single Particle Optical Sizing &  
Dynamic Light Scattering Analyzer Systems

DLS Nicomp 380 series nanoparticle size analyzer  
SPOS AccuSizer 780 Series Particle Analysers



Biolab A/S  
Sindalsvej 29  
DK-8240 Risskov  
Telefon 8621 2866  
Telefax 8621 2301  
E-mail: sales@biolab.dk





Klima-phytotronen. I kamrene på hver 24 m<sup>2</sup> kan temperatur, atmosfære-sammensætning, fugtighed, vind, vanding mv. kontrolleres. Lyssætningen kan for eksempel simulere dagsfaserne, solopgang, fuld lys, solnedgang. Kamrene reguleres enkeltvis, og alle parametre monitoreres løbende.

### Faldende udbytter og forringet kvalitet

Nu vil klimaændringerne ikke kun omfatte en stigning af CO<sub>2</sub>-koncentrationen; der vil ske en samtidig forøgelse af temperaturen, og den menneskeskabte udledning af stoffer, der danner ozon (O<sub>3</sub>) i troposfæren er også på vej op. IPCC (2013) har i deres sidste rapport påpeget, at vi med den nuværende udledningsprofil for drivhusgasser kan være på vej mod ca. 5°C opvarmning i sidste del af dette århundrede (RCP8.5). CO<sub>2</sub>-koncentrationen vil nå over de 1.000 ppm, og den troposfæriske O<sub>3</sub> øges med ca. 25% fra niveauet i dag (32-62 ppb). O<sub>3</sub> er en meget reaktiv gas, der forårsager oxidativ stress og dermed nedvisning hos planterne. I FACE-faciliteten på DTU kunne temperaturen godt forøges, men en 5°C stigning i det fri kræver store ressourcer. Derfor foregår en del af de forsøg, der kræver høj temperatur og samtidig eksponering af planterne til et højt niveau af CO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub>, ofte i et særligt klima-drivhus, en phytotron. I de seks store vækstkamre på hver 24 m<sup>2</sup>, som DTU phytotronen rummer, kan næsten enhver form for klima efterlignes. Udover temperatur og atmosfærens sammensætning af luftarter, kan lys, luftfugtighed, luftskifte, vind og vanding kontrolleres, og monitoreres løbende. Desuden kan man efterligne f.eks. ekstreme hedeølger. Mange forskellige afgrøders og vilde arters respons overfor klimaændringer er analyseret under forsøg i phytotronen.

Verdens største forsøg af sin art, hvor 138 typer af byg er udsat for forhøjet temperatur, CO<sub>2</sub> og O<sub>3</sub>, er lige afsluttet. De 138

byg-typer omfattede landracer, gamle og nye sorter og endnu ikke markedsførte linjer. Deres udbytte og kvalitet blev undersøgt under 700 ppm CO<sub>2</sub>, 120 ppb O<sub>3</sub> og temperaturer på 5°C over normalen for Danmark i sommerperioden. Hvis CO<sub>2</sub> og temperatur forøges samtidig, tilsidesætter temperaturstigningen den gavnlige effekt af ekstra CO<sub>2</sub>, og udbyttet i byg reduceres med i gennemsnit 29%, og det høstede kerneprotein falder med 22%. Hvis forøgelsen i CO<sub>2</sub>-koncentration og gennemsnitstemperatur suppleres med en 10 dages hedeølge på 33°C (28°C nat) lige omkring blomstringstidspunktet, formindskes kerneudbyttet til under det halve af, hvad vi høster i dag (52% reduktion). Afgrøder tilpasset fremtiden, skal gerne have højt udbytte, men også en god miljømæssig stabilitet for at hamle op med flere variationer i miljøet over samme vækstsæson. Eksempelvis kan voldsomme regnmængder efterfølges af perioder med ekstrem tørke. Derfor blev den miljømæssige stabilitet i de 138 byg-typer også undersøgt i DTU-KU forsøget, og typer med god stabilitet identificeret til brug i videre forædling.

Et større forsøg med raps (*Brassica napus*) er også udført i DTUs phytotron. Her er der blandt andet fokuseret på ændringer i mængde og kvalitet af rapsolien. Også her vil de nuværende sorter komme til kort over for de forventede ændringer i klimaet. Når en CO<sub>2</sub>-koncentration på 700 ppm blev kombineret med en temperaturstigning på 5°C, faldt udbyttet af rapsolie med 58% pr. hektar i forhold til i dag. Samtidig reducerede denne klimaændring den essentielle fedtsyre omega-3 (C18:3)





Et kig ind i et af phytotronens kamre.

med 77% pr. hektar rapsmark. Fire andre fedtsyrer i rapsolien blev ligeledes påvirket negativt, og andelen af mættede fedtsyrer blev øget på bekostning af de sundere umættede fedtsyrer.

### En gen-vej til klima-tolerante afgrøder

Heldigvis er der stor variation i klimarespons hos forskellige sorter inden for samme art. Næste alle de typer byg, der blev undersøgt i DTU-KU-forsøget var presset på udbytte og kvalitet ved en temperaturforøgelse på 5°C, men nogle få viste kun mindre reduktioner. De bedste typer repræsenterer gener, der kan være med til at sikre en stabil produktion og kvalitet i fremtiden. Forskellene mellem de forskellige typer af byg er udforsket yderligere i et ph.d.-projekt sammen med bygforædlingsfirmaer fra Norge, Sverige, Finland og Danmark og støttet af Nordisk Ministerråd. I projektet er gener, der styrer kerneudbytte, vegetativ biomasse, miljømæssig stabilitet og sygdomme i det fremtidige klima associeret med DNA-markører. I praksis blev 8.000 SNP (Single Nucleotide Polymorphisms)-markører analyseret for deres association til bygtypernes produktion under forhøjet CO<sub>2</sub>, forhøjet temperatur, forhøjet O<sub>3</sub>, kombinationen af klimafaktorer og miljømæssig stabilitet under ændrede klimaforhold. Der blev fundet 60 signifikante associationer mellem DNA-markører og produktion i fremtidens klima. Disse markører er givet videre til de nordiske bygforædlere, der kan udnytte dem i "markør-baseret selektion" af planter, der vil kunne klare fremtidens ændrede, komplekse og ustabile klima.

Klimatolerante sorter er en af de bedste muligheder vi har for at sikre en høj og stabil produktion af fødevarer, foder og non-food baseret på planteprodukter.

E-mail:

Rikke B. Jørgensen: rijq@kt.dtu.dk

Teis N. Mikkelsen: temi@kt.dtu.dk

#### Litteratur

DMI Arkiv: [www.dmi.dk/nyheder/arkiv/](http://www.dmi.dk/nyheder/arkiv/).

Ingvordsen C.H., Backes G., Lyngkjær M.F., Peltonen-Sainio P., Jahoor A., Mikkelsen T.N., Jørgensen R.B. (2015). Genome-wide association study of production and stability traits in barley cultivated under future climate scenarios. *Molecular Breeding* 35: 84-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11032-015-0283-8>.

Ingvordsen C.H., Backes G., Lyngkjær M.F., Peltonen-Sainio P., Jensen J.D., Jalli M., Jahoor A., Rasmussen M., Mikkelsen T.N., Stockmarr A., Jørgensen R.B. (2015). Significant decrease in yield under future climate conditions: Stability and production of 138 spring barley accessions. *European Journal of Agronomy*, 63: 105-113, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2014.12.003>.

Ingvordsen C.H. (2014). Climate Change Effects on Plant Ecosystems - Genetic Resources for Future Barley Breeding. Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark, 182 pages.

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

Mikkelsen B.L., Jørgensen R.B., Lyngkjær M.F. (2014). Complex interplay of future climate levels of CO<sub>2</sub>, ozone and temperature on susceptibility to fungal diseases in barley. *Plant Pathology*, online first 12 AUG 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/ppa.12272>.

# DANDIAG

Din partner inden for salg, service og kalibrering af laboratorie- og pipetteringsudstyr

**Lad os bekæmpe brystkræft sammen**

**Nyhed**

## Pipetgirl



**Integra donerer 10 euro til brystcancer forskningen for hver solgt enhed**

**OBS**  
ny adresse  
pr. 1/4-2015

**Kontakt os for flere informationer**

Dandiag A/S  
Baldershøj 19

DK-2635 Ishøj  
Tlf. +45 4343 3057

[www.dandiag.dk](http://www.dandiag.dk)  
[dandiag@dandiag.dk](mailto:dandiag@dandiag.dk)